

**Device for generating a plasma in low pressure container e.g. for hardware items surface treatment by plasma etching and plasma deposition**

**Patent number:** DE19503205  
**Publication date:** 1996-07-11  
**Inventor:** RAEUCHLE EBERHARD DIPL PHYS DR (DE);  
PETASCH WOLFGANG DIPL PHYS (DE); RAEUCHLE  
FRITZ KONSTANTIN (DE); MUEGGE HORST (DE)  
**Applicant:** MUEGGE ELECTRONIC GMBH (DE)  
**Classification:**  
- **international:** **H01J37/32; H05H1/46; H01J37/32; H05H1/46; (IPC1-7):**  
H05H1/46; H01J37/32  
- **europaen:** H01J37/32H3B; H05H1/46  
**Application number:** DE19951003205 19950202  
**Priority number(s):** DE19951003205 19950202

**Report a data error here**

**Abstract of DE19503205**

The device uses alternating electromagnetic fields; a rod-shaped conductor (5) inside a tube of insulating material is fed through the low pressure container. The internal dia. of the tube is greater than the dia. of the conductor. The tube is held at both ends by walls of the container and is sealed wrt. the walls at its outer surface. The conductor is connected at both ends to sources (6,7) for generating the electromagnetic fields, which are microwaves. The sources are both generators whose output powers are mutually independently controllable. The generators are operated in pulsed manner whereby only one is generating the alternating field alternately.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 195 03 205 C 1

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
H 05 H 1/46  
H 01 J 37/32

②① Aktenzeichen: 195 03 205.5-33  
②② Anmeldetag: 2. 2. 95  
④③ Offenlegungstag: —  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 11. 7. 96

DE 195 03 205 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:  
Muegge Electronic GmbH, 64385 Reichelsheim, DE  
⑦④ Vertreter:  
Gornott, D., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 64291 Darmstadt

⑦② Erfinder:  
Räuchle, Eberhard, Dipl.-Phys. Dr.-Ing., 71686  
Remseck, DE; Petasch, Wolfgang, Dipl.-Phys., 71691  
Freiberg, DE; Räuchle, Fritz Konstantin, 71686  
Remseck, DE; Mügge, Horst, 64385 Reichelsheim,  
DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 39 33 619 C2  
DE 43 22 608 A1  
DE 41 36 297 A1

⑤④ Vorrichtung zur Erzeugung von Plasma

⑤⑦ Bei einer Vorrichtung zur Erzeugung von Plasma in einem Unterdruckbehälter mit Hilfe von elektromagnetischen Wechselfeldern ist ein stabförmiger Leiter innerhalb eines Rohres aus isolierendem Werkstoff durch den Unterdruckbehälter geführt, wobei der Innendurchmesser des Rohres größer als der Durchmesser des Leiters ist. Das Rohr ist an beiden Enden durch Wände des Unterdruckbehälters gehalten und gegenüber den Wänden an seiner Außenfläche abgedichtet. Der Leiter ist an beiden Enden an Quellen zur Erzeugung der elektromagnetischen Wechselfelder angeschlossen.

DE 195 03 205 C 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erzeugung von Plasma in einem Unterdruckbehälter mit Hilfe von elektromagnetischen Wechselfeldern, wobei ein stabförmiger Leiter innerhalb eines Rohres aus isolierendem Werkstoff durch den Unterdruckbehälter geführt ist, wobei der Innendurchmesser des Rohres größer als der Durchmesser des Leiters ist, und wobei das Rohr an beiden Enden durch Wände des Unterdruckbehälters gehalten und gegenüber den Wänden an seiner Außenfläche abgedichtet ist.

Vorrichtungen zur Erzeugung von Plasma werden unter anderem benötigt, um mit dem erzeugten Plasma verschiedene Formen der Oberflächenbearbeitung von Werkstücken vorzunehmen, beispielsweise zum Plasma-Ätzen und zur Plasma-Deposition. Zur Bildung des Plasmas, das heißt zur Ionisation des Gases im Unterdruckbehälter werden unter anderem Mikrowellen und andere elektromagnetische Wechselfelder verwendet.

Bei einer durch DE 41 36 297 A1 bekanntgewordenen Vorrichtung zur lokalen Erzeugung von Plasma mittels Mikrowellen-Anregung ist in einer Behandlungskammer ein Rohr aus isolierendem Material vorgesehen, das als Begrenzung zum Unterdruckbereich hin wirkt und in dem ein Innenleiter aus Metall verläuft, in den die Mikrowellen von einer Mikrowellen-Erzeugungseinrichtung eingekoppelt werden. Diese bekannte Vorrichtung nutzt den Effekt aus, daß durch das Leitendwerden des ionisierten Gases an der Außenwand des Führungshohlleiters eine Art Koaxialleitung entsteht, die die Mikrowelle weiterleitet.

Nachteilig bei der bekannten Vorrichtung ist es, daß mit zunehmender Entfernung von demjenigen Rand der Behandlungskammer, an welchem die Mikrowellen eingekoppelt werden, die Energiedichte und damit die Plasmadichte abnimmt. Für die Behandlung von Werkstücken ist jedoch eine möglichst räumlich vorgebbare, beispielsweise homogene, Mindest-Plasmadichte erforderlich. Da ferner die in Form von Mikrowellen zugeführte Leistung nicht beliebig steuerbar ist, kann häufig der gesamte durch die Behandlungskammer gegebene Raum nicht zur Behandlung genutzt werden. Dieses gilt insbesondere bei Werkstücken, die in Durchlaufanlagen auf einem Fließband durch die Behandlungskammer geführt werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Vorrichtung zur Erzeugung von Plasma anzugeben, welche innerhalb eines vorgegebenen Bereichs eine ausreichende Ionisierung aufweist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Leiter an beiden Enden an Quellen zur Erzeugung der elektromagnetischen Wechselfelder angeschlossen ist.

Der Abstand zwischen dem Leiter und der Innenfläche des Rohres ist für die Wirkungsweise der Anordnung entscheidend. Durch ihn wird die große axiale Ausdehnung des Plasmas von zum Beispiel 2 in bis 3 m ermöglicht.

Vorzugsweise ist die erfindungsgemäße Vorrichtung derart ausgebildet, daß die elektromagnetischen Wechselfelder Mikrowellen sind. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist jedoch auch für Wechselfelder mit niedriger Frequenz, beispielsweise 13,45 MHz, geeignet.

Durch die Zuführung von Energie von beiden Enden kann der bei der bekannten Vorrichtung auftretende Abfall des Ionisationsgrades in Längsrichtung des Leiters ausgeglichen werden. Bei gleicher Intensität der

zugeführten Wechselfelder verdoppelt sich die Gesamtleistung, ohne daß die Einführungsbereiche an den Wänden des Unterdruckbehälters übermäßig belastet werden. Außerdem hat die erfindungsgemäße Vorrichtung den Vorteil, daß das Rohr an beiden Enden und damit stabiler gelagert ist. Ferner ist eine leichte Montage und Demontage gegeben, wodurch die Wartung erleichtert wird.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht darin, daß die Quellen von je einem Generator gebildet werden. Dabei kann vorgesehen sein, daß die abgegebene Leistung der Generatoren unabhängig voneinander steuerbar ist. Dadurch läßt sich außer einem weitgehend homogenen Verlauf der Plasmadichte ein davon abweichender Verlauf einstellen, beispielsweise eine mehr oder weniger starke etwa lineare Zunahme von einem Ende zum anderen Ende des Unterdruckbehälters oder eine Absenkung oder Erhöhung im mittleren Teil.

Bei dem Betrieb der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist die Bildung von stehenden Wellen nicht ausgeschlossen, so daß an der Oberfläche des Rohres Stellen mit geringerer und höherer Plasmadichte entstehen. Da sich jedoch aufgrund der thermischen Bewegung der Ionen im zunehmenden Abstand vom Rohr diese Unterschiede ausgleichen, sind für viele Anwendungen keine besonderen Maßnahmen erforderlich. Für Anwendungen, bei denen die stehenden Wellen stören, können sie durch Weiterbildungen der Erfindung dadurch vermieden werden, daß die Generatoren derart pulsierend betrieben werden, daß abwechselnd nur jeweils einer der Generatoren das Wechselfeld erzeugt oder daß die Phasenlage der von den Generatoren erzeugten Mikrowellen unterschiedlich variiert wird.

Eine andere vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht darin, daß die Generatoren unmittelbar an den Leiter angekoppelt sind. Dabei konnte festgestellt werden, daß das Eintreffen der Mikrowellen vom jeweils anderen Generator bei den meisten Generatoren keine störende Wirkung zur Folge hat.

Gemäß anderen vorteilhaften Ausgestaltungen der Erfindung kann auch vorgesehen sein, daß die Generatoren über einen Zirkulator oder über ein Hohlleitersystem an den Leiter angekoppelt sind.

Eine andere Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht darin, daß beide Quellen von einem einzigen Generator gespeist werden, der über geeignete Leitungen mit den Enden des Leiters verbunden ist. Diese Weiterbildung kann bei Anwendungsfällen vorteilhaft sein, bei denen eine getrennte Steuerung der Generatoren nicht erforderlich ist und bei denen durch die Anwendung nur eines Generators und des zugehörigen Betriebsgerätes trotz der zusätzlichen Leitungen Ersparnisse eintreten.

Durch die Bildung des Plasmas im Umgebungsraum des Rohres wird dem Rohr eine erhebliche Wärmemenge zugeführt. Eine ausgezeichnete Kühlung des Rohres wird bei einer anderen Weiterbildung der Erfindung dadurch erzielt, daß Mittel zur Leitung eines Kühlmittelstroms, vorzugsweise eines Luftstroms, durch das Rohr vorgesehen sind. Durch die ausgezeichnete Kühlung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist eine Leistungssteigerung möglich.

Durch die Abnahme der Plasmadichte in Richtung des Leiters bei der bekannten Vorrichtung ist eine Regelung oder Steuerung der Leistung stets mit einer Größenänderung desjenigen Bereichs verbunden, in wel-

chem die Plasmadichte eine für die jeweilige Behandlung ausreichende Größe aufweist. Dieser unerwünschte Effekt tritt bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung nicht ein, so daß bei einer anderen Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung vorgesehen ist, daß die abgegebene Leistung der Quellen als Funktion der Dichte des erzeugten Plasmas regelbar ist. Geeignete Sensoren zur Messung der Plasmadichte, beispielsweise Plasmasonden, Interferometer und Strahlungssensoren, und geeignete Regelschaltungen sind an sich bekannt. Ferner kann vorgesehen sein, daß die abgegebene Leistung der Quellen als Funktion der Ausmaße des in den Unterdruckbehälter eingebrachten Gutes steuerbar ist.

Eine flächig homogene Behandlung mit Hilfe des Plasmas kann ferner dadurch erzielt werden, daß mehrere aus je einem stabförmigen Leiter und einem Rohr bestehende Vorrichtungen in dem Unterdruckbehälter angeordnet sind. Diese bietet insbesondere bei Durchlaufanlagen Vorteile. Hierbei können die Enden der Leiter von jeweils einem Generator gespeist werden. Es ist jedoch auch möglich, die auf einer Seite des Unterdruckbehälters liegenden Enden oder Gruppen von diesen oder mehrere gegenüberliegende Enden aus einem gemeinsamen Generator zu speisen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann auch derart ausgestaltet sein, daß die Wände des Unterdruckbehälters mindestens teilweise aus UV-durchlässigem Werkstoff, beispielsweise Spezialglas, Quarz, bestehen. Diese Ausgestaltung bildet eine besonders günstige flächenhafte Quelle für UV-Strahlung. Diese kann beispielsweise zum beschleunigten Aushärten von Kunststoffen oder für eine keimtötende Bestrahlung verwendet werden.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform dieser Ausgestaltung ist vorgesehen, daß die Wände des Unterdruckbehälters aus einem äußeren Rohr, das mit Endscheiben verschmolzen ist, bestehen, wobei wiederum die Endscheiben mit dem Rohr, das den Leiter umgibt, verschmolzen sind und das äußere Rohr, die Endscheiben und das den Leiter umgebende Rohr aus einem im wesentlichen gleichen Werkstoff bestehen. Diese Ausführungsform kann mit in der Glastechnik bewährten Verfahren aus einem UV-durchlässigen Glas, beispielsweise Quarzglas, hergestellt werden und hat beispielsweise den Vorteil, daß der Unterdruckbehälter keine kritischen Durchführungen von Elektroden und keine sich möglicherweise abnutzenden Teile im Inneren aufweist.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung anhand mehrerer Figuren dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung des Ausführungsbeispiels und

Fig. 2 ein Teil des Ausführungsbeispiels nach Fig. 1 in detaillierter Darstellung.

Gleiche Teile sind in den Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Die in Fig. 1 dargestellte erfindungsgemäße Vorrichtung umfaßt einen Unterdruckbehälter 1, von dem lediglich zwei Wände 2, 3 dargestellt sind. In den Seitenwänden 2, 3 ist ein Glasrohr 4 gelagert, in dem sich ein stabförmiger Leiter 5 befindet. An beiden Enden des stabförmigen Leiters 5 sind Mikrowellen-Generatoren 6, 7 angeordnet, die von jeweils einem Betriebsgerät mit steuerbarer Leistung versorgt werden. Im Inneren des Glasrohres 4 herrscht Normaldruck.

Das Glasrohr 4 ist an den Führungen durch die Wände 2, 3 abgedichtet, damit in den Unterdruckbehälter 1 an diesen Stellen keine Außenluft eindringen kann. Häufig wird im Unterdruckbehälter 1 mit einem Druck von 1 mbar gearbeitet. Je nach Größe der zu behandelnden Werkstücke bzw. nach der Anzahl der gleichzeitig zu behandelnden Werkstücke kann der Unterdruckbehälter, im folgenden auch Reaktionskammer genannt, eine Breite bis zu mehreren Metern aufweisen mit einer entsprechenden Länge des Glasrohres 4. Die Durchmesser des Leiters 5 und des Glasrohres 4 werden je nach Auslegung der Anordnung in Abhängigkeit von der anzulegenden Mikrowellenleistung gewählt, um einerseits eine Zündung in der Atmosphäre mit Normaldruck im Innenbereich des Glasrohres zu vermeiden und um andererseits eine Zündung des Plasmas im Unterdruckbereich zu gewährleisten.

Wird beispielsweise die Leistung der Mikrowellen-Generatoren 6, 7 derart eingestellt, daß die von jeweils einem der Mikrowellen-Generatoren bewirkte Plasmadichte von der am jeweiligen Mikrowellen-Generator befindlichen Wand bis zur anderen Wand etwa linear auf 0 abnimmt, so erhält man bei gleicher Leistung beider Mikrowellen-Generatoren eine im wesentlichen über die Breite der Reaktionskammer konstante Plasmadichte. Wird die Leistung eines der Generatoren darüber hinaus erhöht, steigt die Plasmadichte in Richtung auf diesen Generator an.

Da die Leistung unter anderem durch die thermische Wirkung des Plasmas in der Nähe des Glasrohres 4 insbesondere in der Nähe des jeweiligen Mikrowellen-Generators 6, 7 begrenzt ist, kann durch die Verwendung beider gegenüberliegender Mikrowellen-Generatoren auch die Gesamtleistung gegenüber der bekannten Vorrichtung gesteigert werden.

Fig. 2 zeigt ein Detail der schematisch dargestellten Anordnung nach Fig. 1 im Bereich der Durchführung des Glasrohres 4 durch die Wand 3. In dem Glasrohr 4 ist ein Kupferrohr 10 gelagert, das die Bildung von Plasma in der Nähe der Wand 3 verhindert. Damit werden Verluste vermieden, die durch Entladen der soeben erzeugten Ionen an der Wand 3 entstehen würden. Außerdem dient das Kupferrohr 10 zum Anschluß des in Fig. 2 nicht dargestellten Mikrowellen-Generators.

Ein Dichtflansch 11, der mit lediglich angedeuteten Schrauben mit der Wand 3 verbunden ist, dient zur Abdichtung zwischen dem Glasrohr 4 und der Wand 3 mit Hilfe eines Dichtringes 12. Außerdem bildet der Flansch 11 eine Kammer 13 zur Zuführung von Kühlluft. Diese wird in Pfeilrichtung mit Hilfe eines nicht dargestellten Rohres oder Schlauchs zugeleitet, gelangt durch Löcher 14 in das Innere des Kupferrohres 10 und durchströmt das Kupferrohr 10 und das Glasrohr 4 in Pfeilrichtung. Am anderen Ende des Glasrohres 4 befindet sich ebenfalls ein Kupferrohr und eine ähnliche Anordnung, die das Austreten der Luft gewährleistet. Der in Fig. 2 dargestellte Dichtflansch 11 ist eine mögliche Ausführung des Endflansches. Andere Ausführungen können zum Beispiel unter Verwendung von modifizierten Bauteilen der Vakuumtechnik hergestellt werden.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung von Plasma in einem Unterdruckbehälter mit Hilfe von elektromagnetischen Wechselfeldern, wobei ein stabförmiger Leiter innerhalb eines Rohres aus isolierendem Werkstoff durch den Unterdruckbehälter geführt ist, wo-

bei der Innendurchmesser des Rohres größer als der Durchmesser des Leiters ist, und wobei das Rohr an beiden Enden durch Wände des Unterdruckbehälters gehalten und gegenüber den Wänden an seiner Außenfläche abgedichtet ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Leiter (5) an beiden Enden an Quellen (6, 7) zur Erzeugung der elektromagnetischen Wechselfelder angeschlossen ist. 5

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die elektromagnetischen Wechselfelder Mikrowellen sind. 10

3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Quellen von je einem Generator (6, 7) gebildet werden.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die abgegebene Leistung der Generatoren (6, 7) unabhängig voneinander steuerbar ist. 15

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Generatoren (6, 7) derart pulsierend betrieben werden, daß abwechselnd nur jeweils einer der Generatoren (6, 7) das Wechselfeld erzeugt. 20

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Phasenlage der von den Generatoren (6, 7) erzeugten Mikrowellen unterschiedlich variiert wird. 25

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Generatoren (6, 7) unmittelbar an den Leiter (5) angekoppelt sind.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Generatoren über einen Zirkulator an den Leiter angekoppelt sind. 30

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Generatoren über ein Hohlleitersystem an den Leiter angekoppelt sind. 35

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß beide Quellen von einem einzigen Generator gespeist werden, der über geeignete Leitungen mit den Enden des Leiters verbunden ist. 40

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel (11, 13, 14) zur Leitung eines Kühlmittelstroms, vorzugsweise eines Luftstroms, durch das Rohr (4) vorgesehen sind. 45

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die abgegebene Leistung der Quellen (6, 7) als Funktion der Dichte des erzeugten Plasmas regelbar ist. 50

13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere aus je einem stabförmigen Leiter und einem Rohr bestehende Vorrichtungen in dem Unterdruckbehälter angeordnet sind. 55

14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die abgegebene Leistung der Quellen (6, 7) als Funktion der Ausmaße des in den Unterdruckbehälter (1) eingebrachten Gutes steuerbar ist. 60

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Wände des Unterdruckbehälters mindestens teilweise aus UV-durchlässigem Werkstoff, beispielsweise Spezialglas, Quarz, bestehen. 65

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Wände des Unterdruckbehälters aus einem äußeren Rohr, das mit Endschei-

ben verschmolzen ist, bestehen, wobei wiederum die Endscheiben mit dem Rohr, das den Leiter umgibt, verschmolzen sind und das äußere Rohr, die Endscheiben und das den Leiter umgebende Rohr aus einem im wesentlichen gleichen Werkstoff bestehen.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

